

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC918 U.S. PTO  
09/774723  
02/01/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

#4  
12 Jun 01  
R. Tallent

出願年月日  
Date of Application:

2000年 2月 8日

出願番号  
Application Number:

特願2000-035616

出願人  
Applicant(s):

株式会社日立製作所

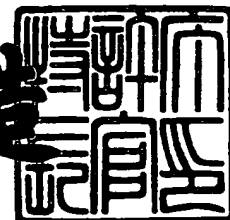
U. S. Appln. Filed 2-1-01  
Mattingly Stanger & Malur  
Docket H-961

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年11月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3095451

【書類名】 特許願

【整理番号】 PNT990922

【提出日】 平成12年 2月 8日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 21/88

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
                           製作所 生産技術研究所内

    【氏名】 廣瀬 丈師

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
                           製作所 生産技術研究所内

    【氏名】 小島 弘之

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
                           製作所 生産技術研究所内

    【氏名】 野本 峰生

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
                           製作所 生産技術研究所内

    【氏名】 相内 進

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

    【識別番号】 100068504

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 小川 勝男

    【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 研磨パッドの表面状態評価方法及びその装置とそれを用いた薄膜デバイスの製造方法及びその製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

研磨パッド表面に光を照射し、この光照射領域から検出される光学情報信号に基づいて前記研磨パッドの表面状態を評価することを特徴とする研磨パッドの表面状態評価方法。

【請求項 2】

前記検出される光学情報信号が、反射光、表面画像及び蛍光の少なくとも 1 種を含むことを特徴とする請求項 1 記載の研磨パッドの表面状態評価方法。

【請求項 3】

前記検出される光学情報信号が表面画像信号であって、この検出画像信号を 2 値化处理し、その結果得られる 2 値化画像の面積率に基づいて前記研磨パッドの表面状態を評価することを特徴とする請求項 1 もしくは 2 記載の研磨パッドの表面状態評価方法。

【請求項 4】

研磨パッド表面に光を照射する照射手段と、前記研磨パッドの光照射領域から光学情報を検出する検出手段と、検出した光学情報信号に基づいて前記研磨パッドの表面状態を評価する処理手段とを備えることを特徴とする研磨パッドの表面状態評価装置。

【請求項 5】

前記光学情報を検出する検出手段が、前記光照射領域からの反射光、表面画像及び蛍光の少なくとも 1 種の光学情報を検出する検出手段であることを特徴とする請求項 4 記載の研磨パッドの表面状態評価装置。

【請求項 6】

前記光学情報を検出する検出手段が、前記光照射領域からの表面画像情報を検出する検出手段であって、前記検出手段で検出された画像信号を 2 値化处理し、その結果得られる 2 値化画像の面積率に基づいて前記研磨パッドの表面状態を評

価する処理手段を備えることを特徴とする請求項 4 もしくは 5 記載の研磨パッドの表面状態評価装置。

【請求項 7】

基板上に形成され凹凸面を有する薄膜を研磨パッドにより研磨し平坦化処理する工程と、前記研磨パッドの表面状態を評価し、この評価結果に基づいてドレッサーによる研磨パッドのドレッシング条件を最適化する工程とを含む薄膜デバイスの製造方法であって、前記研磨パッドの表面状態の評価を請求項 1 乃至 3 のいずれか一つに記載の研磨パッドの表面状態評価方法で構成したことを特徴とする薄膜デバイスの製造方法。

【請求項 8】

前記研磨パッドにより研磨し平坦化処理する工程は、CMP 加工工程を含むことを特徴とする請求項 7 記載の薄膜デバイスの製造方法。

【請求項 9】

前記ドレッサーによる研磨パッドのドレッシング条件を最適化する工程においては、前記研磨パッドの表面状態の評価結果に基づいて、前記ドレッサーの研磨パッドに対する接触圧力、回転数及び揺動運動の周期のいずれかを制御するか、もしくはドレッサー材質を選択することを特徴とする請求項 7 もしくは 8 記載の薄膜デバイスの製造方法。

【請求項 10】

半導体デバイスの表面に形成した膜を研磨する研磨手段と、前記研磨手段の研磨パッドの表面状態を評価する手段とを備えた薄膜デバイスの製造装置であって、前記研磨パッドの表面状態を評価する手段を、請求項 4 乃至 6 のいずれか一つに記載の研磨パッドの表面状態評価装置で構成したことを特徴とする薄膜デバイスの製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は研磨パッドの表面状態評価方法及びその装置とそれを用いた薄膜デバイスの製造方法及びその製造装置に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

研磨パッドは、種々の電子部品の製造ラインの研磨工程で常用されている。ここでは、研磨工程の代表例として半導体デバイスの製造ラインに使用されている化学的および物理的作用により表面を研磨して平坦化を実現する方法（CMP：Chemical Mechanical Polishing）を例に説明する。

## 【 0 0 0 3 】

半導体デバイスは成膜、露光およびエッチング等により、デバイスおよび配線パターンをシリコンウェハ上に形成することによって製造される。近年、デバイスの高精度化・高密度化を実現するために微細化・多層化の方向に進んでいる。このことによってウェハ表面の凹凸が増大している。このようなウェハ上の凹凸は配線等の形成に不可欠な露光を困難とするため、ウェハ表面の平坦化が行われる。そしてこの平坦化プロセスにCMPによる研磨加工方法が用いられている。

## 【 0 0 0 4 】

CMP加工において重要な課題として、研磨加工に使用するパッドの表面状態の管理が挙げられる。しかし、これを直接的に評価する有効な方法は確立していなかった。従来は一般的にCMP加工の前後で被研磨材の膜厚を計測することにより求まる研磨量と実際に加工を行った加工時間とから研磨レートを算出し、この研磨レートの変動から間接的にパッドの表面状態を評価していた。

## 【 0 0 0 5 】

なお、この種のCMP加工に関連する従来技術としては、例えば「半導体平坦化CMP技術／著者：土肥、河西、中川／発行所：（株）工業調査会」が挙げられる。

## 【 0 0 0 6 】

## 【発明が解決しようとする課題】

CMP加工は、一般に図1に概略を示した加工装置によって行われる。図中の1は研磨パッド（以下、パッドと略称）、2はパッド1を載置する研磨盤で回転機能を備えている。3はウェハを保持するウェハチャックで、自転しながらパッド1上を半径方向に移動する機能を備えている。4はパッドの劣化を修正するド

レッサーでウェハチャックと同様に回転しながらパッドの半径方向に移動する機能を備えている。そして5は研磨に供するスラリーで、供給ノズル5 aからパッド上に供給される。

【0007】

CMP加工では、同一のパッドで多くのウェハを研磨するとパッドが劣化し研磨レートが低下する。この研磨レートの低下は、ウェハを研磨することによりパッド表面の平坦度が増すことによって生じる。

【0008】

また、この劣化の状態はパッド面内で均一に生じるのではなく、例えば図2の平面図に示したようにパッド1に劣化部分が同心円状6に生じる場合や、図17の平面図に示したように斑点状6 aに生じる場合等がある。これら図中の7は劣化の少ない良好な部分を示している。

【0009】

前者の同心円状6に発生する原因としては、図1に示すようにパッド1及びウェハ（ウェハチャック3に保持されているが図示せず）がそれぞれ円形であるため、パッドの半径方向の位置によってウェハ加工量が異なるために生じると考えられる。

【0010】

また、後者の斑点状6 aに発生する原因としては、パッド1を研磨盤2に張り付ける際に、例えば空気が入り込む等の張り付け不良や局所的なパッドそのものの不良によると考えられる。

【0011】

このパッド劣化に対してCMPでは加工と加工の間または加工中にパッドに対していわゆる目立て（以下、ドレッシングと称する）を行う。ドレッシングとは平坦化したパッド表面を削って表面の粗さを増し、研磨レートを回復させることである。

【0012】

その方法には、例えばダイヤモンド等の粒子を表面に接着したドレッサー4によりパッド1の表面を削ることによってパッド表面の粗さを大きくさせる方法が

ある。

#### 【0013】

上記のようにパッド表面の劣化が進むと、研磨加工後のウェハの面内均一性やウェハ間の加工のバラツキ等に影響が出てくる。例えば図2に示した同心円状6の劣化が生じた場合、常に劣化した部分に接するウェハ中心部とそうではない外周部とでは研磨レートが異なり、結果としてウェハ中心と外周とで加工量が異なってしまう場合がある。

#### 【0014】

このような問題の対策として、パッドの表面状態を評価しドレッシングの条件を最適化する必要がある。しかし、従来の評価方法は、研磨加工前後の膜厚から算出する加工量と加工時間とから研磨レートを算出し、この研磨レートの変動からパッド表面状態を評価するという間接的な方法であった。

#### 【0015】

このように間接的な方法では、パッドの表面状態を正確に評価することができず、また、評価するまでに時間がかかるために突発的な問題に対応することができず多くの不良を出してしまう場合があった。

#### 【0016】

一方、同一のパッドで、ある程度加工すると、パッドに対してドレッシングを行っても研磨レートが回復しなくなる。この状態がパッドの寿命であり、パッドの交換が必要となる。CMP加工においても原価低減の観点から、研磨パッド一枚あたりで加工するウェハ枚数をなるべく多くしたい。しかし、研磨レートによる間接的な評価ではパッド表面の状態を正確に評価できず、また、研磨レート自体もばらつくことから、パッド寿命を正確に評価できず、寿命まで使用しないで交換する場合もあった。

#### 【0017】

したがって、本発明の目的は上記従来の問題点を解消して、研磨パッドの表面状態を直接的に評価する研磨パッドの表面状態評価方法及びその装置とそれを用いた薄膜デバイスの製造方法及びその製造装置を提供することにある。



## 【 0 0 1 8 】

薄膜デバイスとしては、半導体装置が代表的なものとして挙げられるが、その他、高度な研磨加工による平坦面の形成工程を必要とする例えば液晶装置など種々の電子部品が対象となる。

## 【 0 0 1 9 】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために本発明では、パッド表面の研磨による劣化の状態を直接的に評価するものであり、研磨パッド表面に光を照射し、この光照射領域から検出される光学情報信号に基づいて前記研磨パッドの表面状態を評価するものである。

## 【 0 0 2 0 】

すなわち、研磨パッドの表面状態の評価方法として、パッド表面に光を照射し、パッドの光照射領域からの反射光等の強度またはパッド表面画像から、パッド表面の劣化状態を評価する。上記評価技術を用いてパッドの表面状態をドレッサーにより修正するドレッシング条件を最適化する。

## 【 0 0 2 1 】

また、上記研磨パッドの表面状態の評価技術を用いてパッド寿命の正確な判定を実現する。また、上記評価装置を研磨装置に組み込むことにより加工対象、例えば半導体製造におけるウェハ等の平坦性がより向上し、スループット向上を実現する。

## 【 0 0 2 2 】

以下、半導体デバイスの製造工程に本発明を適用する場合を代表例として説明する。半導体デバイスの表面に形成した膜を研磨する工程において、パッド表面に光を照射し、この光照射領域からの反射光を検出し、この検出した反射光の強度またはパッド表面画像に基づいて、また、研磨パッドに励起光を照射し、研磨パッドから生じる蛍光を検出し、この検出した蛍光の強度またはパッド表面画像に基づいて研磨パッドの表面状態を正確に評価できるようにした。

## 【 0 0 2 3 】

また、前記パッドの表面状態を評価する方法によって、パッド表面の任意の位

置で評価することによりパッド表面の劣化状態の分布を正確に評価できるようにした。

#### 【 0 0 2 4 】

また、前記パッド表面評価結果に基づいてCMPプロセスの安定化、最適化を行えるようにした。

#### 【 0 0 2 5 】

更にまた、本発明では、半導体デバイスの表面に形成した膜を研磨する研磨手段と、この研磨手段に用いる研磨パッドに検出光または励起光を照射する照射手段と、この照射手段により照射されてパッド表面（照射領域）から発生する反射光または蛍光などの光学情報を検出する検出手段と、この検出手段により検出した光学情報（反射光または蛍光の強度またはパッド表面画像など）に基づいて、パッドの表面状態を評価する処理回路部とを備えて半導体デバイスの製造装置を構成した。

#### 【 0 0 2 6 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の具体的な実施の形態について説明する。

研磨試料としては、基板上に形成され表面に凹凸を有する薄膜を、研磨パッドを用いて研磨して平坦化する研磨工程を例に説明する。光照射光としては、例えばレーザー光源のごとき単色光、もしくは例えばハロゲンランプのごとき白色光を検出光学系の構成に応じて選択する。

#### 【 0 0 2 7 】

先ず、研磨パッドの表面状態を評価する代表的な六つの例について以下に順次説明する。（１）研磨工程の途中で研磨パッド表面に例えば単色光としてレーザー光を照射し、研磨パッドのこの光照射領域からの反射光を光学系を通して検出し、この検出した反射光の強度に基づいて研磨パッドの表面状態を評価する。

#### 【 0 0 2 8 】

（２）研磨パッド表面に光を照射し、この光照射領域からの表面画像を光学系を通して検出し、この検出画像信号に基づいて研磨パッドの表面状態を評価する。

（３）研磨パッド表面に光を照射し、この光照射領域からの表面画像を光学系を

通して検出し、この検出画像信号を２値化処理し、その結果得られる２値化画像の面積率に基づいて研磨パッドの表面状態を評価する。

#### 【 0 0 2 9 】

(４) 研磨パッド表面に励起光を照射し、この励起光の照射領域から発生する蛍光を検出し、この検出した蛍光の強度に基づいて研磨パッドの表面状態を評価する。

(５) 研磨パッド表面に励起光を照射し、この励起光の照射領域から発生する蛍光のパッド表面画像を検出し、この検出画像信号に基づいて研磨パッドの表面状態を評価する。(６) 研磨パッド表面に励起光を照射し、この励起光の照射領域から発生する蛍光のパッド表面画像を検出し、この検出画像信号を２値化処理し、その結果得られる２値化画像の面積率に基づいて研磨パッドの表面状態を評価する。

#### 【 0 0 3 0 】

次に、本発明の研磨パッドの表面状態評価装置は、研磨パッド表面に光を照射する照射手段と、前記研磨パッドの光照射領域から光学情報を検出する検出手段と、検出した光学情報信号に基づいて前記研磨パッドの表面状態を評価する処理手段とを備えることを特徴としている。

#### 【 0 0 3 1 】

図 1 8 を用いてさらに具体的に研磨パッドの表面状態評価装置を説明する。この図はCMP加工工程に、本発明の研磨パッドの表面状態評価装置 4 0 を適用した概略図を示している。

#### 【 0 0 3 2 】

CMP 研磨装置は、回転する研磨盤 2 上に研磨パッド 1 が載置され、研磨パッド 1 上にはウェハチャック 3 とパッドの劣化を修正するドレッサー 4 とが、それぞれ独立に回転しながら所定の圧力でパッド 1 に接触し、かつパッド 1 の半径方向に往復移動する周知の構成となっている。

#### 【 0 0 3 3 】

研磨工程ではウェハチャック 3 に研磨試料となるウェハ（図示せず）が保持され、研磨液（スラリー） 5 が供給ノズル 5 a からパッド 1 上に供給されながら研

磨が行われる。ここで、研磨中もしくは研磨を一時中断した状態で、以下に説明する本発明の研磨パッドの表面状態評価装置 4 0 によってパッド 1 の表面状態を検出し、この検出出力が直接的にドレッサー 4 にフィードバックされドレッシング条件が最適化される。

【 0 0 3 4 】

つまり、ドレッサー 4 によるドレッシングの圧力、回転数、揺動運動の周期及びドレッシングに用いる加工具（ドレッサー）の種類等の選択が上記検出出力に基づいて適正に行われる。

【 0 0 3 5 】

本発明の研磨パッドの表面状態評価装置 4 0 は、光源 1 1 で示す光照射手段と、検出器 8 で示す研磨パッドの光照射領域から光学情報を検出する検出手段と、検出器 8 で検出した光学情報信号に基づいて研磨パッドの表面状態を評価する信号処理部 9 で示す処理手段とを備えている。

【 0 0 3 6 】

そして、光学情報を検出する検出手段は、光照射領域からの反射光のみならず、蛍光、さらにはこれらの表面画像からなる少なくとも 1 種の光学情報を検出する検出手段で構成される。

【 0 0 3 7 】

検出器 8 で示す光学情報を検出する検出手段は、光学情報を集める光学系と、それを検出する例えば CCD カメラ等の検出器とを備えているが、これらの構成については、この後の実施例で具体的に説明する。

【 0 0 3 8 】

また、光学情報を検出する検出手段が、上記光照射領域からの表面画像情報を検出する検出手段であるとき、信号処理部 9 で示す処理手段は、検出手段で検出された画像信号を 2 値化処理し、その結果得られる 2 値化画像の面積率に基づいて研磨パッドの表面状態を評価する処理手段で構成する。

【 0 0 3 9 】

CMP 研磨装置は、この研磨パッドの表面状態評価装置 4 0 からの出力信号を、上述したように少なくともドレッサー 4 にフィードバックし、ドレッシング条

件（ドレッサー 4 のパッドに対する接触圧力、ドレッサー 4 や研磨盤 2 の回転数、揺動運動の周期及びドレッシングに用いる加工具であるドレッサー材質の選択）等が、上記検出出力に基づいて適正に行われる。

#### 【0040】

次に、本発明の薄膜デバイスの製造方法は、研磨試料となるウェハ基板上に形成され凹凸面を有する薄膜を研磨パッドにより研磨し平坦化处理する工程と、研磨パッドの表面状態を評価し、この評価結果に基づいてドレッサーによる研磨パッドのドレッシング条件を最適化する工程とを含む薄膜デバイスの製造方法であって、上記研磨パッドの表面状態の評価を前述の研磨パッドの表面状態評価方法で構成することを特徴とする。

#### 【0041】

具体的には、図 18 に示すように、予め成膜工程により基板上に形成され凹凸面を有する薄膜を有するウェハをウェハチャック 3 に保持して、上述の研磨パッドの表面状態評価装置 40 により、直接的に研磨パッドの表面状態を評価しながら研磨するようにした。

#### 【0042】

##### 【実施例】

以下、図面にしたがって本発明の実施例を具体的に説明する。

ここでは半導体デバイスの製造工程における CMP の研磨パッドを対象とし、その表面状態の評価方法及び評価装置と、これらを適用した薄膜デバイスの製造方法及び製造装置の例を示す。

#### 【0043】

##### 〈実施例 1〉

図 18 は、半導体デバイスの製造工程における CMP 工程を主体に製造工程の概略を示したものである。先ず、成膜工程で半導体ウェハ上にデバイス作成に必要な薄膜が形成される。この成膜工程が例えば多層配線の製造工程であれば、層間絶縁膜や配線層となる導体膜が積層される。

#### 【0044】

この成膜工程においては複数の薄膜を形成するに際して、下地膜の凹凸を C P

M工程で平坦化处理してから次の薄膜を積層する。このCPM工程が本実施例の対象となるものであり、回転する研磨盤2に載置された研磨パッド1にウェハチャック3に保持されたウェハを接触させ、研磨液（スラリー）5を供給ノズル5aからパッド1上に供給しながらCPM処理をする。

【0045】

このCPM処理をウェハ毎に繰り返す過程でパッド1が劣化し、例えば同心円状の劣化部分6が発生する。この劣化部分をドレッサー4で改修（ドレッシング）するが、このドレッシング条件を最適化するのに本発明の研磨パッドの表面状態評価装置40が適用される。

【0046】

すなわち、本発明の表面状態評価装置40によれば、光源11からパッド1に光を照射し、その照射領域から得られる光学情報を検出器8で検出し、この検出信号を信号処理部9で処理することによりパッド1の表面状態を直接的に評価する。光照射は回転するパッド1の半径方向に移動しながら行い、光ビームでパッド表面を走査する。検出器8は光ビームの走査に同期して移動する。

【0047】

CPM処理では、この信号処理部9で処理された出力信号（パッドの表面状態評価情報）がドレッサー4にフィードバックされ、パッド1のドレッシング条件が最適化される。

【0048】

図3は、CMP処理の合間にパッド表面状態を評価する場合を、図4は処理中にパッド表面状態を評価する場合をそれぞれ模式的に示している。なお、これらの図では検出器8と信号処理部9のみを示し、光源11を含む光照射手段などは省略した。

【0049】

図3、図4のそれぞれの場合において、検出器8とパッド1との位置を相対的に変化させることによりパッド表面状態の分布を評価することができる。

【0050】

図3、図4では相対位置の変化をパッド1の回転（研磨盤2が回転する）と検

出器 8 の直動により実現する例を示しているが、相対位置を変化できればその他の方法を用いても良い。

【 0 0 5 1 】

図 4 では、CMP 処理中のパッド 1 の表面状態をリアルタイムで評価することができるという特徴があり、ドレッサー 4 のドレッシング条件をリアルタイムで制御することも可能である。

【 0 0 5 2 】

図 5、図 6 に本発明を実現するための検出光学系の例を示す。

図 5 では白色光源（ハロゲンランプ）またはレーザー光源 1 1、ビームスプリッター 1 3、対物レンズ 1 4、結像レンズ 1 2、検出器 1 0、ガス吹き付けノズル 1 5 により構成する。同図の 5 は研磨液であるスラリー、1 6 はガス吹き付けノズル 1 5 より噴出する圧縮ガスを示している。

【 0 0 5 3 】

光源 1 1 より出た光はビームスプリッター 1 3 を通り方向を変え、対物レンズ 1 4 を通ってパッド 1 の表面に照射される。パッド 1 からの反射光は、対物レンズ 1 4 を通り検出器 1 0 に結像する。

【 0 0 5 4 】

この反射光は被測定対象の表面状態によりその強度等が異なる。反射光の強度またはパッド表面画像に対して画像処理することによりパッド表面状態の評価をする。パッド表面にスラリー 5 が存在する場合、検出の妨げとなる。そこでガス吹き付けノズル 1 5 によりガスを吹き付け一時的に光照射領域のスラリー 5 を除去する。

【 0 0 5 5 】

検出光源 1 1 としては、ハロゲンランプの他にキセノンランプ等の広い波長帯域を持つ光源を用いても良い。また、単波長または複数の異なる波長のレーザー光を用いてもよい。

【 0 0 5 6 】

検出器 1 0 としては CCD 2 次元センサの他に 1 次元のラインセンサーを用いてもよい。また、CCD 以外のセンサーを用いてもよい。吹き付ける圧縮ガス 1

6 としては、窒素ガス等製品加工に影響のないものであれば何を用いても良い。

【 0 0 5 7 】

図 6 はガスの吹き付けによりスラリー 5 を一時的に除去する代わりに、対物レンズ 1 4 とパッド表面とが水浸する程度の水槽 1 7 を用意し、その中を水又はスラリーで浸すことにより反射光を検出する方法を示している。

【 0 0 5 8 】

次に、パッド表面状態と検出画像との関係について説明する。図 1 1 及び図 1 3 にはそれぞれノイズのない良好な表面状態の検出画像と、多数のノイズがある劣化したそれとを示す。

【 0 0 5 9 】

また、図 1 2 及び図 1 4 に、図 1 1 及び図 1 3 における A - A 断面の強度プロファイルを示す。横軸は画像の画素を縦軸はその画素での信号強度を表している。特徴としては両図とも、5 0 程度のオフセットを持つこととスパイク状のピークを持つことがあげられる。

【 0 0 6 0 】

しかし、これら両者を比較すると、劣化したパッド表面画像の方（図 1 4 ）がスパイク状のピーク数及びその強度が、良好な表面画像（図 1 2 ）のものより大きいことがわかる。このような違いが生じる原因を以下に示す。

【 0 0 6 1 】

良好な場合、パッド表面はあれた状態であり、平坦部が少なくそのため光が散乱され反射光量が小さい。一方、劣化した場合では、CMP 処理によりパッド表面に平坦部が形成され、その部分では光が反射される。そのため検出画像のピーク数及びその強度が大きくなると考えられる。すなわち、検出画像のピーク数、ピーク強度、平均強度等を検出することによりパッド表面状態の評価が可能となる。

【 0 0 6 2 】

次に検出画像からパッドの表面状態を評価する方法の一例として 2 値化処理を用いる方法を示す。



## 【0063】

先ず、検出器10からパッド表面画像（図11及び13参照）をパソコン（PC）に取り込む。取り込んだ画像に対して予め設定、または検出画像から算出したしきい値（図12及び14に破線で示した値）により2値化処理する。2値化した画像（図15及び図16参照）の面積率を算出する。図15はパッド表面状態が良好な図12を2値化した画像、図16は劣化した図14を2値化した画像を示している。この算出した面積率はパッド表面の劣化状態と相関があり、この相関関係からパッドの表面状態が評価可能となる。2値化処理をすることにより画像の特徴を顕著にすることができる。

## 【0064】

## 〈実施例2〉

上記、パッド評価方法を実現する具体的な装置構成の一例を図7に示す。ハロゲン光源またはレーザー光源20、対物レンズ25、リレーレンズ24、CCDカメラ19、AF（自動焦点）ユニット21、PC23、ガス吹き付けノズル15から構成される。対物レンズ25に焦点深度の大きいものを採用した場合、AFは必ずしも必要とならない。CCD以外の撮像素子を用いても良い。

## 【0065】

CCDカメラ19によってパッド表面の画像を撮像する。この撮像画面をPC23に取り込み上記画像処理を行い面積率を求める。

## 【0066】

## 〈実施例3〉

次に検出系に蛍光観察方式を用いた場合の一例を示す。図8にその光学系の一例を示す。励起光源30、ダイクロイックミラー31、フィルター①26、フィルター②27対物レンズ14、結像レンズ12、検出器10、ガス吹き付けノズル15により構成する。

## 【0067】

光源30より出た励起光は、バンドパスフィルター②27によって所望の波長帯域の光となり、ダイクロイックミラー31介し対物レンズ14を通してパッド1の表面に照射される。励起光によってパッド1によって照射光とは異なる波長

の光が励起される。この励起された光は、対物レンズ 1 4 を通りバンドパスフィルター① 2 6 を通りフィルタ②とは異なる所望の波長帯域の光となり検出器 1 0 に結像する。

#### 【 0 0 6 8 】

パッド表面に異物や研磨くず等による目詰まりがある場合その部分から励起光は検出されない。励起光の強度または強度分布画像に対して画像処理することによりパッド表面状態の評価をすることができる。

#### 【 0 0 6 9 】

図 5 と同様にパッド表面にスラリーが存在する場合、検出の妨げとなる。そこでガス吹き付けノズル 1 5 により圧縮ガス 1 6 を吹き付け一時的にスラリー 5 を除去する。図 6 の様に対物レンズ 1 4 を水浸させて検出させても良い。

#### 【 0 0 7 0 】

画像処理としては図 5、図 6 に示す検出系の場合と同様の方法を用いても良い。この蛍光検出方式によれば、図 5、図 6 の検出系では検出不可能なパッド表面上の異物や研磨くず等による目詰まりの評価が可能となる。

#### 【 0 0 7 1 】

### 〈実施例 4〉

次に光学系にレーザー散乱方式を用いた場合の一例を示す。図 9 にその光学系の一例を示す。レーザー光源 2 9、対物レンズ 1 4、結像レンズ 1 2、検出器 2 8（ホトマル）、ガス吹き付けノズル 1 5 により構成する。

#### 【 0 0 7 2 】

光源 2 9 より出た光はパッド 1 の表面に斜方より照射される。照射光はパッド 1 表面で散乱される。散乱された光の一部は、対物レンズ 1 4 を通り検出器 1 0 により検出される。この散乱光は被測定対象の表面状態により、その強度及び強度分布が異なる。散乱光の強度またはパッド表面画像に対して画像処理することによりパッド表面状態の評価をする。

#### 【 0 0 7 3 】

図 5 と同様にパッド表面にスラリー 5 が存在する場合、検出の妨げとなる。そこでガス吹き付けノズル 1 5 により圧縮ガス 1 6 を吹き付け一時的にスラリー 5

を除去する。この場合にも図 6 の様に対物レンズ 1 4 を水浸させて検出させても良い。

【 0 0 7 4 】

散乱後方式では、図 5、図 6 の検出系の場合と同様にパッド表面の形状の状態（平坦度）が評価できる。画像処理としては図 5、図 6 に示す光学系の場合と同様の方法を用いても良い。

【 0 0 7 5 】

上記、蛍光検出方式及びレーザー散乱方式においても、パッドの表面状態分布の検出方法及び検出結果の判定やそれに伴う動作については図 5、図 6 に示す光学系による場合と同様である。

【 0 0 7 6 】

＜実施例 5＞

周知の CMP 装置に、上記光学系を備えた研磨パッドの表面状態評価装置 4 0 を搭載した場合の、処理結果のフィードバック例を図 1 0 に示す。同図の 2 3 は画像検出及び信号処理用 PC、3 2 はアラーム、3 3 はパッド交換ユニット、3 4 はドレッシング制御ユニット、3 5 はスラリー供給制御ユニット、3 6 はウェハチャック制御ユニット、3 7 は研磨盤制御ユニットをそれぞれ示している。

【 0 0 7 7 】

なお、CMP 加工工程に本発明の研磨パッドの表面状態評価装置 4 0 を適用した例については、先に図 1 8 で概要を説明しているのでそれをも参照されたい。

【 0 0 7 8 】

フィードバック先がアラーム 3 2 である場合の算出結果の判定処理例としては、面積率と予め設定したしきい値との比較により判定する方法が挙げられる。例えば、図 1 9 に示すように、予め上記面積率とパッドの劣化状態を示すパラメータとしてパッド表面の粗さとの相関を求めておき、面積率が同様に予め設定したしきい値を越えた場合にアラームを表示させる方法がある。

【 0 0 7 9 】

研磨パッドの表面状態評価装置 4 0 の検出器 8 からの検出出力を、ドレッサー 4 のパッドに対する接触圧力、回転数、揺動運動等のドレッシング条件にフィー

ドバックする場合は、予めドレッシングによる劣化状態からの回復の度合いとの相関を求めておき、この相関からドレッシング条件を最適化する。

【 0 0 8 0 】

例えば、図 1 9 の相関の他に図 2 0 に示すようにパッドの劣化状態を示すパラメータとしてパッドの表面粗さとそのときのパッド表面状態を回復させるのに最適なドレッシングの圧力との相関を求めておき、上記面積率によってドレッシング圧力を最適化する方法がある。もちろん面積率と最適ドレッシング圧力との相関を直接求めておいても良い。

【 0 0 8 1 】

また、パッド面内の劣化状態の分布、すなわちパッド面内の上記面積率の分布を検出しておけば、ドレッシングの圧力の他に、ドレッシングの回転数や揺動運動等のその他のドレッシング条件を最適化することも可能である。

【 0 0 8 2 】

ウェハチャック 3 のパッドに対する接触圧力、回転数、揺動運動等及び研磨盤 2 の回転数等の研磨条件へフィードバックする場合も、ドレッシングへの場合と同様な方法によって行う。

【 0 0 8 3 】

パッドの交換の判定には、ドレッシング条件を最適化してもパッド表面状態が回復しないことをもって判定する。上記はそれぞれのフィードバック先への判定方法の一例を示したもので、判定方法としては上記に限らない。また、上記判定及び判定の結果に伴う動作は装置操作者がマニュアルで行っても良いし、自動で行っても良い。

【 0 0 8 4 】

上記いくつかの例を挙げた検出系を備えたパッド評価装置は装置に組み込んで用いても、また必要に応じて装置内に設置して用いても良い。

【 0 0 8 5 】

【発明の効果】

本発明によれば研磨パッド表面状態の高精度の評価が直接的に行うことができ、評価データを基に高精度の研磨加工管理が可能となる。また、この研磨パッド

表面状態の評価方法をCMP加工装置に組み込むことにより、工程のスループットの向上がはかれる。例えば、シリコンウェハ上に半導体デバイスを製造する方法および製造ラインにおけるCMP工程において、研磨パッド表面を直接的に高精度に評価することが可能となり、工程のスループット向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

CMP加工の一例示した概略図である。

【図 2】

パッド劣化の分布の一例を示した概略図である。

【図 3】

本発明の研磨パッドの表面状態評価装置の一構成例を示す概略図である。

【図 4】

本発明の研磨パッドの表面状態評価装置の他の構成例を示す概略図である。

【図 5】

本発明の一実施例となる光学系の概略図である。

【図 6】

本発明の他の実施例となる光学系の概略図である。

【図 7】

本発明の一実施例となる検出装置の概略図である。

【図 8】

本発明の他の実施例となる光学系の概略図である。

【図 9】

本発明の他の実施例となる光学系の概略図である。

【図 10】

本発明の実施例となるパッド表面状態評価結果のフィードバック先の一例を示した概略図である。

【図 11】

良好なパッド表面の画像の一例を示した図である。

【図 1 2】

図 1 1 の画像 A - A における強度分布を示した図である。

【図 1 3】

劣化したパッド表面の画像の一例を示した図である。

【図 1 4】

図 1 3 の画像 A - A における強度分布を示した図である。

【図 1 5】

図 1 1 の画像を 2 値化処理した画像である。

【図 1 6】

図 1 3 の画像を 2 値化処理した画像である。

【図 1 7】

パッド劣化の分布の一例を示した概略図である。

【図 1 8】

半導体製造工程の一部を示した概略図である。

【図 1 9】

画像処理の結果の面積率とパッド表面粗さとの相関の一例を示した概略図である。

【図 2 0】

パッド表面粗さと最適ドレッシング条件との相関の一例を示した概略図である。

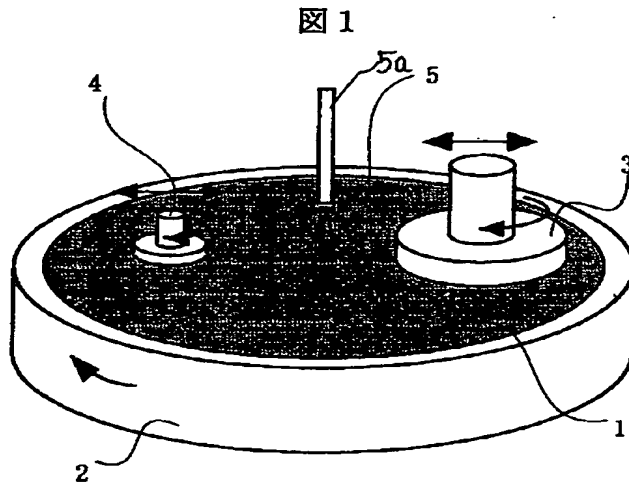
【符号の説明】

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1…パッド、             | 2…研磨盤、             |
| 3…ウェハチャック（ウェハ図示せず） | 4…ドレッサー、           |
| 5…スラリー、            | 5a…研磨液（スラリー）の供給ノズル |
| 6…パッドの同心円状劣化部分、    | 6a…パッドの斑点状劣化部分、    |
| 7…パッドの良好部分、        | 8…検出器、             |
| 9…信号処理部、           | 10…検出器、            |
| 11…光源（白色、単色）、      | 12…結像レンズ、          |

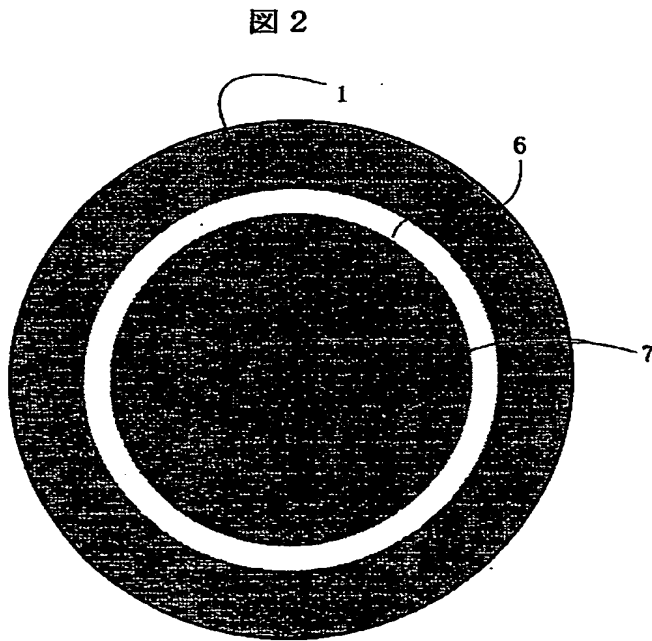
- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 13…ビームスプリッター、      | 14…対物レンズ、         |
| 15…ガス吹き付けノズル、      | 16…圧縮ガス、          |
| 17…水槽、             | 18…水またはスラリー、      |
| 19…CCDカメラ、         | 20…光源（ハロゲン等）、     |
| 21…AF（自動焦点）ユニット、   | 23…画像検出及び信号処理用PC、 |
| 24…リレーレンズ、         | 25…対物レンズ、         |
| 26…フィルター①、         | 27…フィルター②、        |
| 28…検出器（ホトマル）、      | 29…光源（レーザ）、       |
| 30…励起光源、           | 31…ダイクロイックミラー、    |
| 32…アラーム、           | 33…パッド交換ユニット、     |
| 34…ドレッシング制御ユニット、   | 35…スラリー供給制御ユニット、  |
| 36…ウェハチャック制御ユニット、  | 37…研磨盤制御ユニット、     |
| 40…研磨パッドの表面状態評価装置。 |                   |

【書類名】 図面

【図 1】



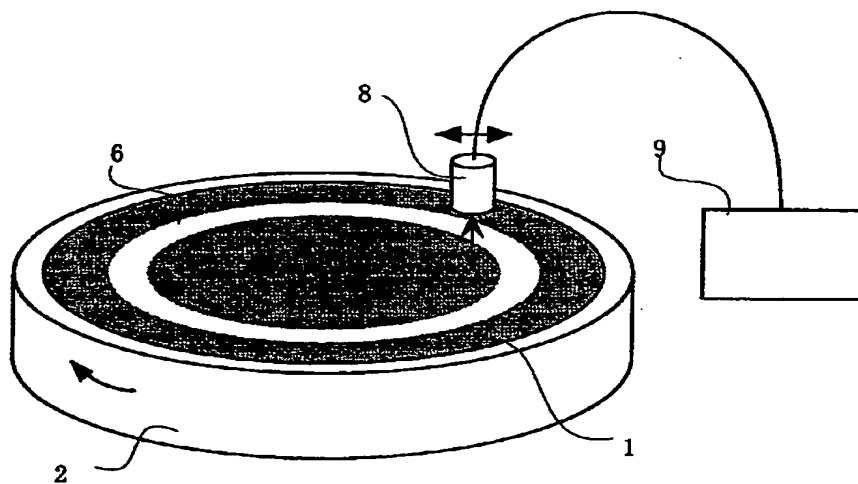
【図 2】





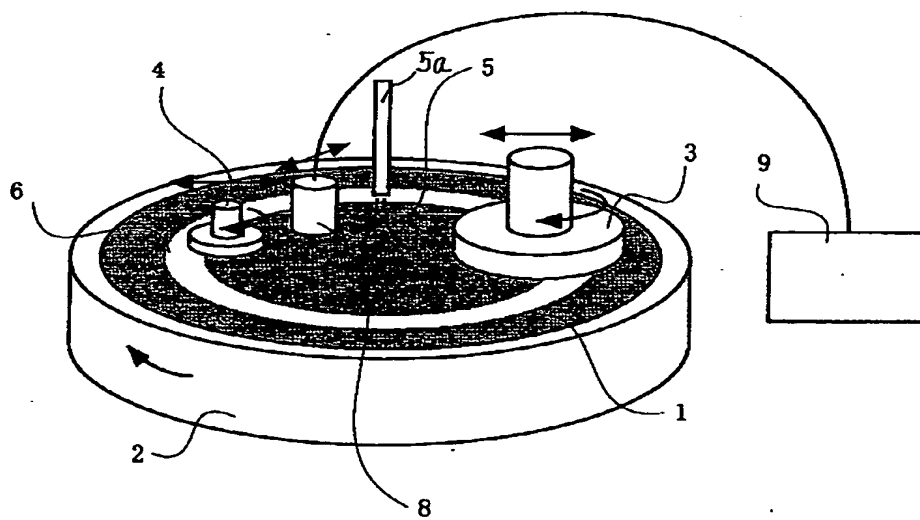
【図 3】

図 3



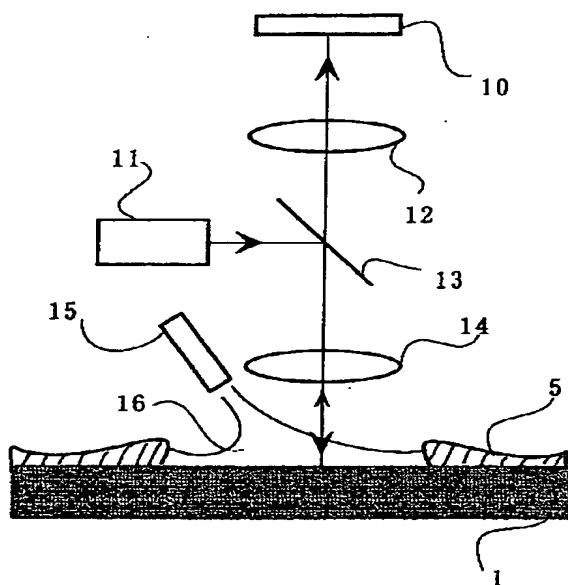
【図 4】

図 4



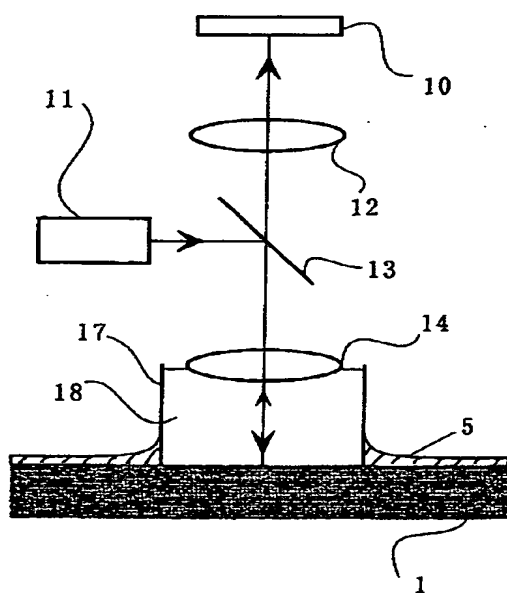
【図 5】

図 5



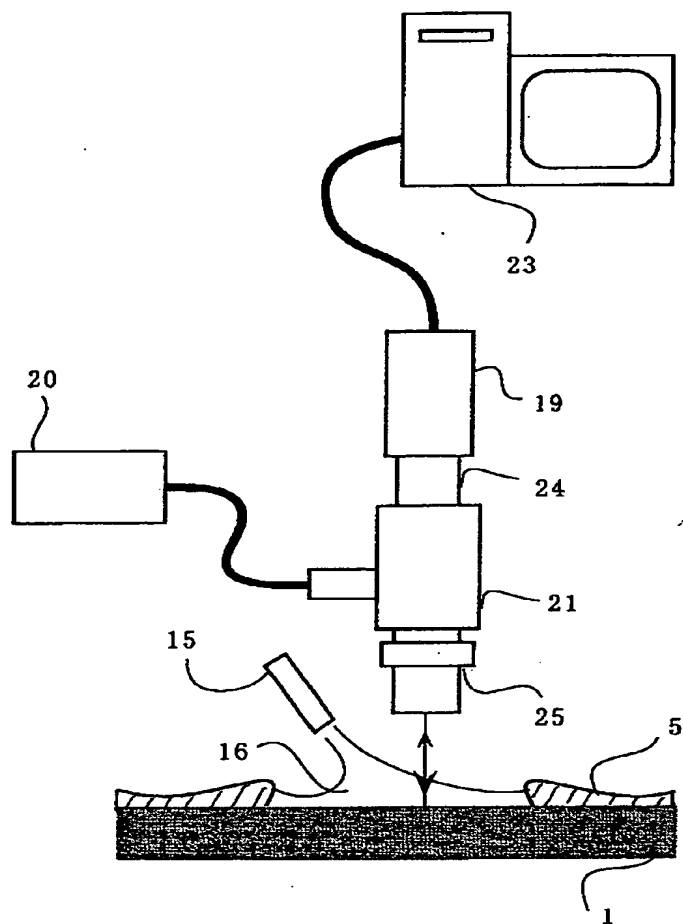
【図 6】

図 6

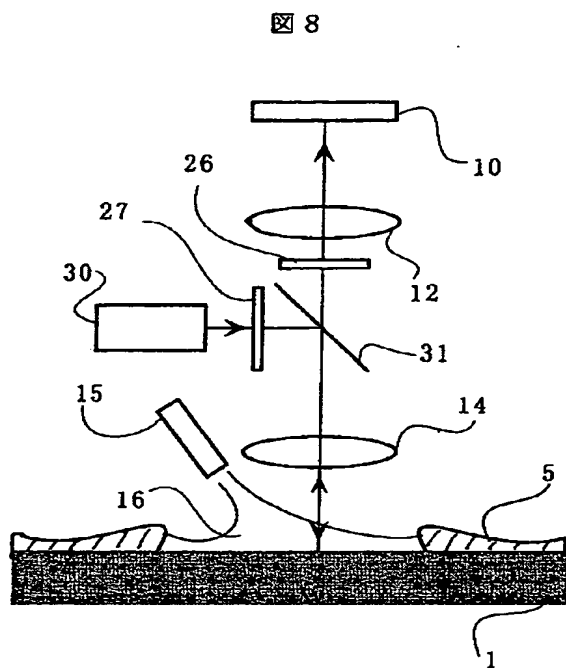


【図 7】

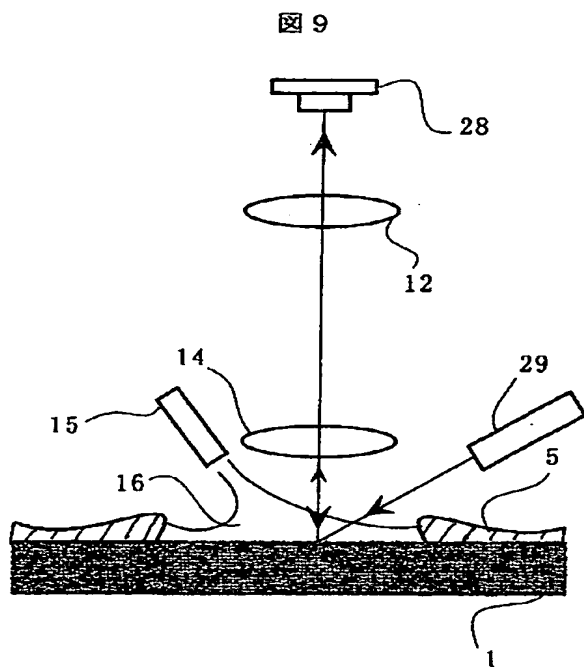
図 7



【図 8】

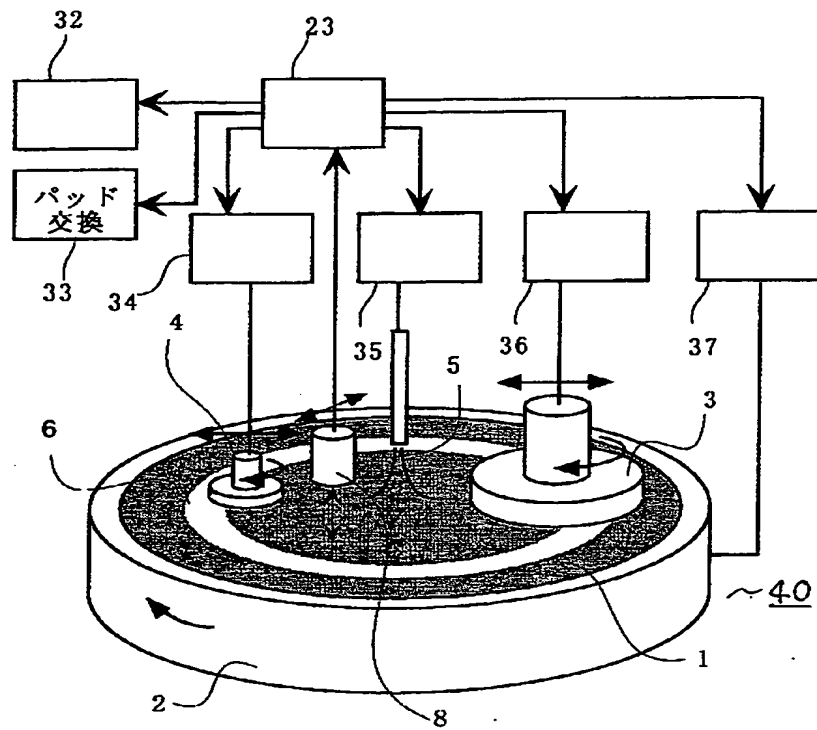


【図 9】

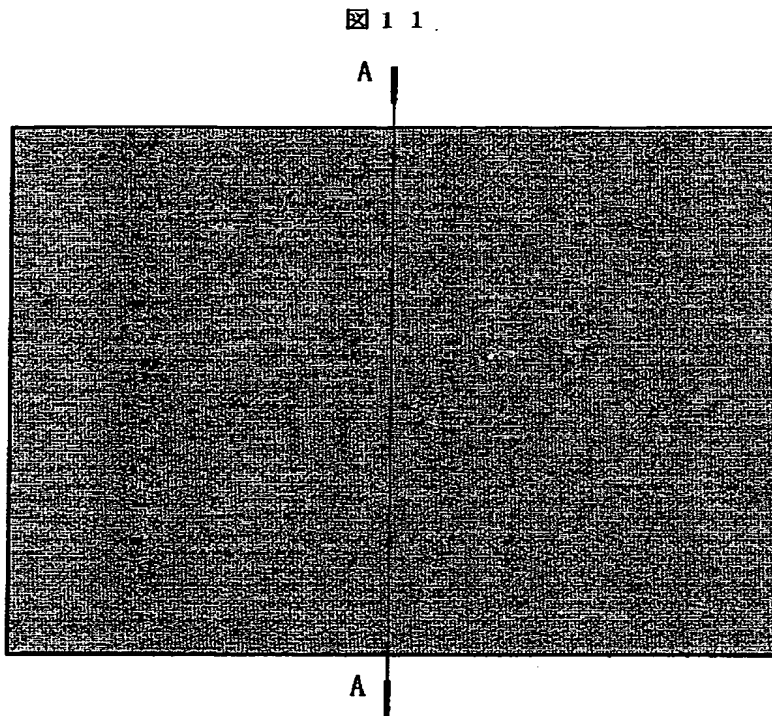


【図 10】

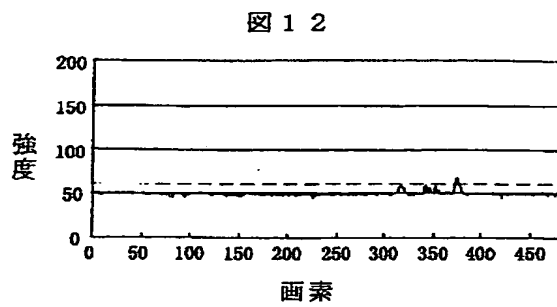
☒ 1 0



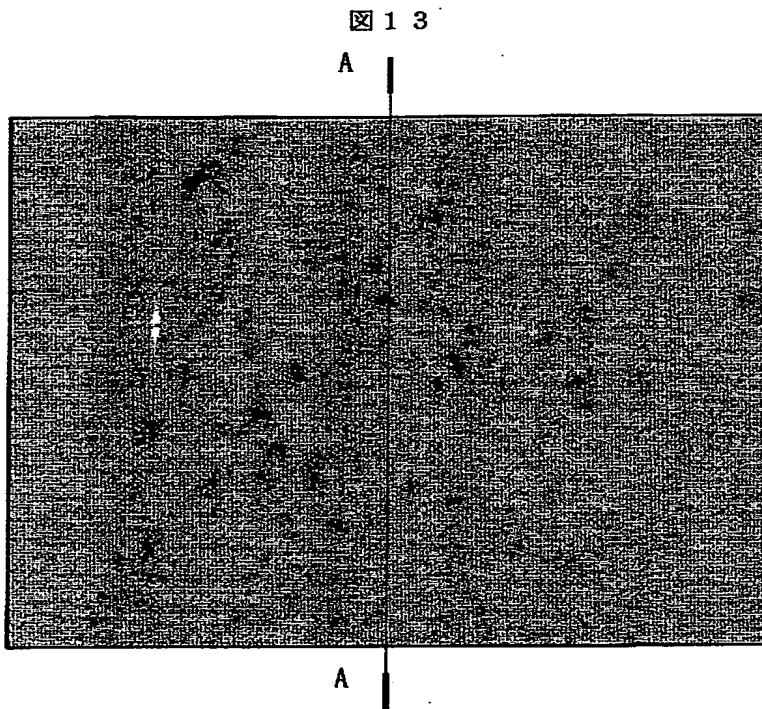
【図 1 1】



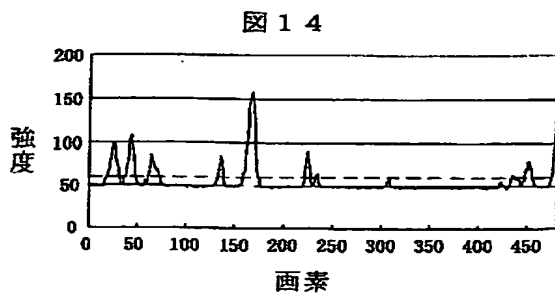
【図 1 2】



【図 1 3】

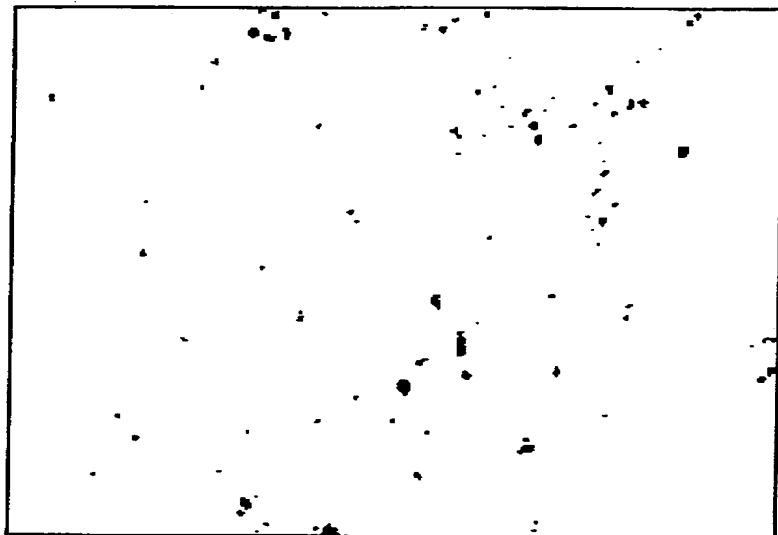


【図 1 4】



【図 1 5】

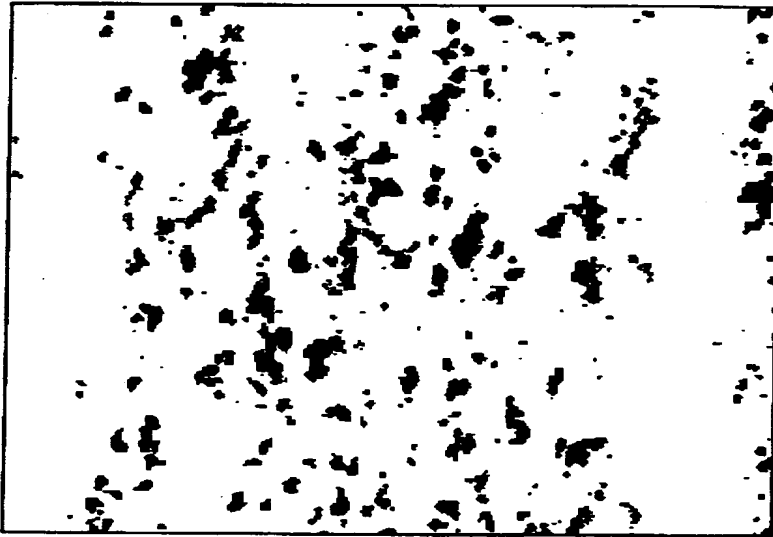
図 1 5





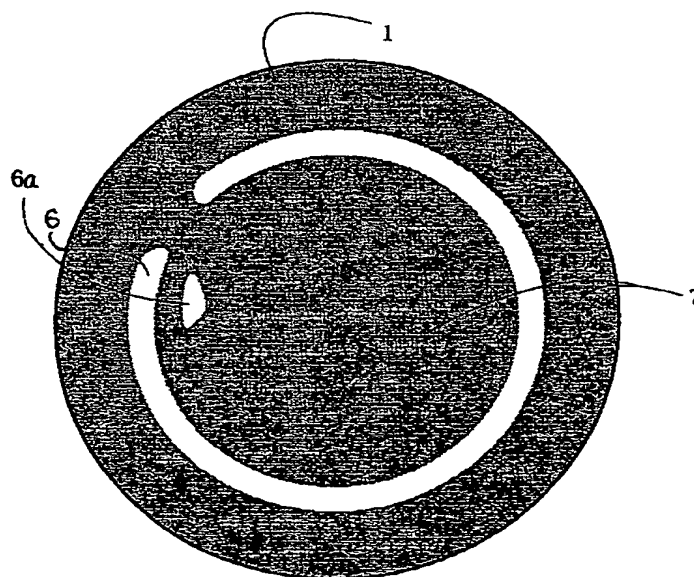
【図 1 6】

図 1 6

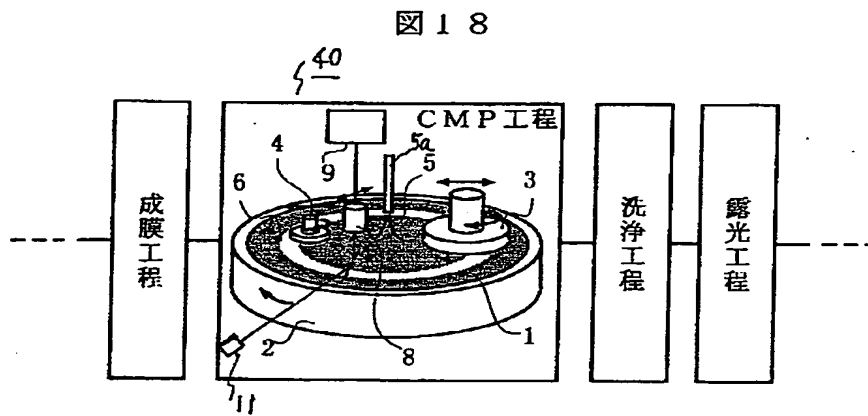


【図 1 7】

図 1 7

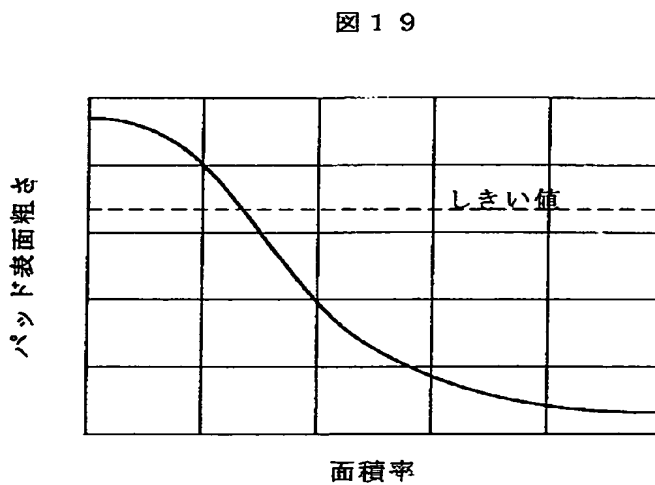


【図18】



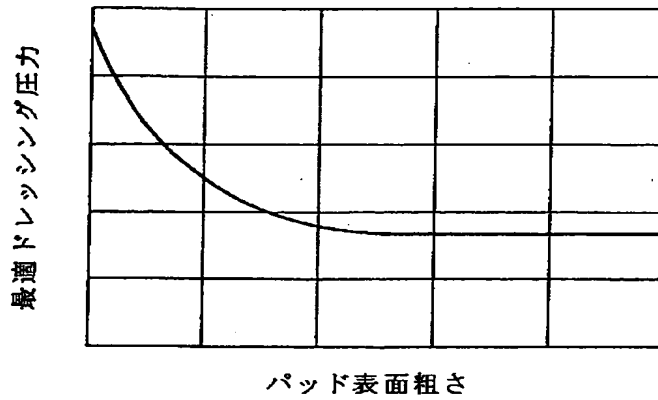
- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1…パッド、             | 2…研磨盤、              |
| 3…ウェハチャック（ウェハ図示せず） | 4…ドレッサー、            |
| 5…スラリー、            | 5a…研磨液（スラリー）の供給ノズル、 |
| 6…パッドの同心円状劣化部分、    | 8…検出器、              |
| 9…信号処理部、           | 11…光源               |

【図19】



【図 2 0】

図 2 0



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 研磨パッドの表面状態を直接的に評価する技術を確立し、高精度のCMP加工管理を可能とすると共に、加工のスループットの向上を実現する。

【解決手段】 パッド1の表面に光を照射し、この光照射領域からの反射光または蛍光の強度、または強度分布画像に基づいてパッド表面状態の評価を直接的に行う。この評価結果に基づいてドレッサー4のドレッシング条件を最適化し、良好なパッドの表面状態を維持しながら高精度のCMP加工を行う。

【選択図】 図18

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地
氏 名	株式会社日立製作所